



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 100 55 080 A 1

51 Int. Cl. 7:
H 02 K 33/12
H 02 K 41/02

21 Aktenzeichen: 100 55 080.0
22 Anmeldetag: 7. 11. 2000
43 Offenlegungstag: 16. 5. 2002

DE 100 55 080 A 1

71 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:
Wu, Datong, 75181 Pforzheim, DE; Zimmermann,
Hans-Werner, Dr., 73274 Notzingen, DE; Erbezniak,
Ray, Kennewick, Wash., US; Penswick, Barry,
Stevenson, Wash., US

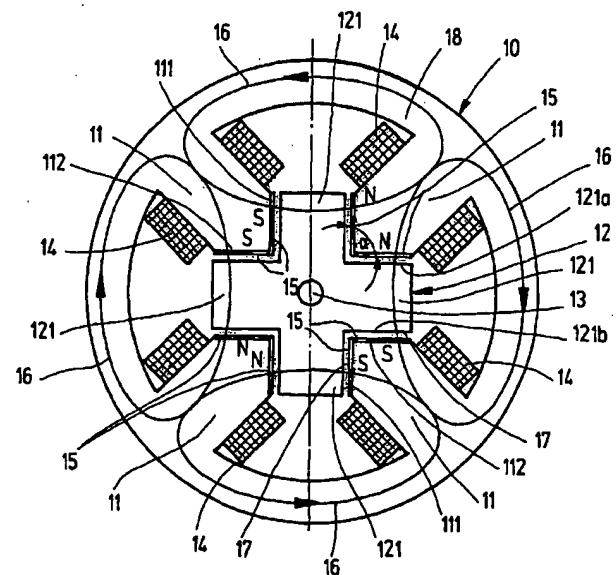
56 Entgegenhaltungen:
US 56 54 596
US 43 35 338

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Elektrische Linearmaschine

57 Es wird eine elektrische Linearmaschine mit einem Stator (10), der eine Mehrzahl von um gleiche Umfangswinkel zueinander versetzt angeordnete Statorpole (11) aufweist, die einerseits Spulen (14) einer Statorwicklung und andererseits auf ihren freien Stirnseiten Permanentmagnete (15) mit an in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Statorpolen (11) wechselnder Polarität tragen, und mit einem vom Stator (10) umschlossenen, coaxialen Oszillator (12) aus magnetisch leitfähigem Material angegeben, der in Achsrichtung relativ zum Stator (10) verschiebbar ist und zwischen sich und den Permanentmagneten (15) Luftspalte (17) ausbildet. Zwecks Stabilisierung des Oszillators (12) in seiner coaxialen Mittenposition und zur Vermeidung von den Oszillator (12) aus dieser Mittenposition auslenkenden Seitenkräften, ist die Form von Oszillator (12) und Statorpolen (11) so aufeinander abgestimmt, daß in jedem der von den Permanentmagneten (15) gebildeten Magnetkreisen zwei Luftspalte (17) vorhanden sind, die vom Magnetfluß (16) nur eines einzigen Magnetkreises durchsetzt sind (Fig. 2).



DE 100 55 080 A 1

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einer elektrischen Linearmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Bei einer bekannten, wahlweise als Motor oder Generator betreibbaren elektrischen Linearmaschine dieser Art (US 5 654 596, Fig. 1A–3A) ist der Oszillator, dort als Mover bezeichnet, hantelartig von zwei voneinander beabstandeten, zylindrischen Eisenblechpaketen gebildet, die den zylindermantelsegmentförmigen Stirnflächen der radial vom Rückschlußjoch abstehenden Statorpole mit radialem Spaltabstand gegenüberliegen. Der ebenfalls lamellierte Stator hat vier in Achsrichtung nebeneinander angeordnete lamellierte Statoreinheiten mit jeweils vier in Umfangsrichtung um gleiche Winkel versetzten Statorpolen. In jeder Statoreinheit ist auf der freien Stirnfläche der Statorpole ein schalensegmentförmiger Permanentmagnet angeordnet, der mit dem einen oder anderen zylindrischen Blechpaket des Movers einen Luftspalt begrenzt. Die Permanentmagnete der in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Statorpole in jeder Statoreinheit weisen wechselnde Polarität, also Nord-Süd-Nord-Süd-Polarität, auf. Die auf axial fluchtenden Polen der vier Statoreinheiten nebeneinander angeordneten Permanentmagnete besitzen ebenfalls in Axialrichtung aufeinanderfolgend wechselnde Polarität. Auf jeweils vier in Achsrichtung fluchtende Statorpolen ist eine Spule der Statorwicklung aufgewickelt.

[0003] Bei der bekannten Linearmaschine bilden sich über Stator und Mover pro Statoreinheit von den vier Permanentmagneten jeder Statoreinheit erzeugte Magnetkreise mit einem Magnetfluß aus, wie sie in Fig. 1 schematisch dargestellt sind. Diese Magnetflüßausbildung hat zur Folge, daß bei einer Exzentrizität des Movers, wie sie in Fig. 1 strichliniert dargestellt ist, aufgrund sich dadurch einstellender, unterschiedlich großer Luftspalte zwischen dem Mover und den Permanentmagneten die magnetische Flußdichte in den Magnetkreisen unterschiedliche Stärken aufweist. Dadurch entstehen radial gerichtete Seitenkräfte, die den Mover im Sinne einer weiteren Verkleinerung des bereits durch die Exzentrizität reduzierten Luftspaltes beaufschlagen und die Exzentrizität zu vergrößern suchen. Um solche Seitenkräfte aufzufangen und mechanischen Kontakt zwischen den Permanentmagneten und dem Mover zu vermeiden, sind bei der bekannten Linearmaschine zylinderförmige Blattfedern einerseits am Mover und andererseits am Stator befestigt, die zwischen sich einen kreisförmigen Ringspalt einschließen, der kleiner ist als der Luftspalt zwischen Permanentmagneten und Mover.

Vorteile der Erfindung

[0004] Die erfindungsgemäße elektrische Linearmaschine hat demgegenüber den Vorteil, daß durch die erfindungsgemäße Formgebung von Oszillator und Statorpolen mit der dadurch erzielten Durchsetzung zweier in einem Magnetkreis einbezogener Luftspalte mit dem Magnetfluß nur eines einzigen Magnetkreises bei Exzentrizität des Oszillators die Summe der Luftspaltbreiten in einem Magnetkreis konstant bleibt, sich dadurch die Flußdichte des Magnetkreises nicht ändert und damit keine Seitenkräfte auftreten. Damit nimmt der Oszillator in seiner radialen Ausrichtung innerhalb des Stators eine stabile Mittelposition ein, und es bedarf keiner besonderen Maßnahmen, um im Betrieb der Maschine einen mechanischen Kontakt zwischen dem Oszillator und den Permanentmagneten zuverlässig zu unterbinden.

[0005] Durch die in den weiteren Ansprüchen aufgeführ-

ten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Anspruch 1 angegebenen elektrischen Linearmaschine möglich.

[0006] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind jeweils zwei einander zugekehrte Permanentmagnete unterschiedlicher Polarität, die auf in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Statorpolen sitzen, parallel zueinander ausgerichtet und nehmen unter Bildung der beiden Luftspalte einen Teil des Oszillators zwischen sich auf.

[0007] Zur Realisierung dieser Parallelität sind in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung die Stirnseiten der Statorpole dachartig mit zwei einen Firstwinkel einschließenden, spiegelsymmetrischen Dachflächen ausgebildet und auf jeder Dachfläche ein Permanentmagnet mit gleicher Polarität angeordnet. In die Zwischenräume zwischen jeweils zwei einander zugekehrten permanentmagnetbelegten Dachflächen von aufeinanderfolgenden Statorpolen ragt der Oszillator hinein.

[0008] In einer zweckmäßigen Ausführungsform der Erfindung weist beispielsweise der Stator dabei insgesamt vier Statorpole auf, der Firstwinkel beträgt 90° und der Oszillator ragt mit vier kreuzweise angeordneten Armen in die vorstehend genannten Zwischenräume hinein.

Zeichnung

[0009] Die Erfindung ist anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen jeweils in schematischer Darstellung:

[0010] Fig. 1 eine Draufsicht auf Stator und Oszillator der bekannten Linearmaschine nach US 5 654 596,

[0011] Fig. 2 eine Draufsicht der erfindungsgemäßen und 3 Linearmaschine gemäß zweier Ausführungsbeispiele.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0012] Die in Fig. 2 und 3 in Draufsicht schematisch skizzierte elektrische Linearmaschine weist in bekannter Weise einen hohlzylindrischen Stator 10 mit einer Mehrzahl von um gleiche Umfangswinkel zueinander versetzt angeordneten, radial von einem Rückschlußring 18 nach innen vorspringenden, sog. ausgeprägten Statorpolen 11 und einen vom Stator 10 umschlossenen, coaxialen Oszillator 12 aus magnetisch leitfähigem Material auf, der längs der Statorachse relativ zum Stator 10 verschiebbar ist. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 weist der Stator 10 vier um jeweils 90° zueinander versetzte Statorpole 11, im Ausführungsbeispiel der Fig. 3 sechs um jeweils 60° zueinander versetzte Statorpole 11 auf. Stator 10 und Oszillator 12 sind in bekannter Weise lamelliert, vorzugsweise aus axial aneinandergereihten, gestanzten Blechprofilen zusammengesetzt. Das Eisenblechpaket des Oszillators 12 sitzt dabei fest auf einer Schubstange 13.

[0013] Auf jedem Statorpol 11 ist eine Spule 14 einer Statorwicklung aufgewickelt, und auf den freien Stirnseiten der Statorpole 11 sind Permanentmagnete 15 mit an Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Statorpolen 11 wechselnder Polarität angeordnet, so daß in Umfangsrichtung jeweils auf einen Statorpol 11 mit Nord-Polarität aufweisenden Permanentmagneten 15 ein Statorpol 11 mit Süd-Polarität aufweisenden Permanentmagneten 15 folgt. Wie hier nicht weiter dargestellt ist, ist zur Induzierung einer Wechselspannung in der Statorwicklung auf jeden Statorpol 11 mindestens ein weiterer Permanentmagnet mit inverser Polarität angeordnet, wobei folgerichtig die in einer zu der in Fig. 2 dargestellten Querschnittsebene des Stators 10 axial versetzten Querschnittsebene liegenden weiteren Perma-

nentmagnete auf aufeinanderfolgenden Statorpolen ebenfalls wechselnde Polarität besitzen.

[0014] In soweit stimmt die Linearmaschine gemäß Fig. 2 mit der Linearmaschine gemäß Fig. 1 überein, die den Stand der Technik z. B. nach US 5 654 496 repräsentiert. In Fig. 1 ist dabei auf die Darstellung der Spulen 14 auf den nur abschnittsweise dargestellten Statorpolen 11 verzichtet werden.

[0015] Bei der bekannten Linearmaschine gemäß Fig. 1 sind die Permanentmagnete 15 in Form von bogenartigen Schalensegmenten auf die zylindermantelabschnittförmigen, dem Oszillator 12 zugekehrten, freien Stirnseiten der Statorpole 11 aufgesetzt. Der Oszillator 12 selbst hat Zylinderform. In den vier sich ergebenden magnetischen Kreisen bildet sich ein Magnetfluß aus, dessen Flußlinien in Fig. 1 mit 16 angedeutet sind. Der zylindrische Oszillator 12 ist koaxial im Stator 10 angeordnet, kann aber fertigungsbedingt eine gewisse Exzentrizität aufweisen, wie sie in Fig. 1 strichliniert dargestellt ist. Erfährt der Oszillator 12 eine solche Verschiebung aus seiner Mittelposition, so ändert sich die magnetische Flußdichte in den Magnetkreisen. Je kleiner der Luftspalt wird, desto größer ist die magnetische Flußdichte und umgekehrt. Da die magnetische Flußdichte in den magnetischen Kreisen unterschiedlich wird, treten Seitenkräfte auf, die die Exzentrizität des Oszillators 12 noch zu vergrößern suchen. Die koaxiale Lage des Oszillators 12 innerhalb des Stators 10 ist damit instabil, so daß es – wenn keine Gegenmaßnahmen getroffen werden – jederzeit zu einem mechanischen Kontakt zwischen den Permanentmagneten 15 und dem Oszillator 12 kommen kann.

[0016] Um diese Instabilität des Oszillators 12 in seiner koaxialen Mittelposition zu vermeiden, ist bei der erfindungsgemäßen Linearmaschine gemäß dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 die Form des Oszillators 12 und der permanentmagnetbesetzten Statorpole 11 so aufeinander abgestimmt, daß jeweils zwei Permanentmagnete 15 mit unterschiedlicher Polarität, die auf in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Statorpolen 11 angeordnet sind, im wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet sind. Hierzu sind die Stirnseiten der Magnetpole 11 dachartig mit zwei einen Firstwinkel α einschließenden, spiegelsymmetrischen Dachflächen 111, 112 ausgebildet, und auf jeder Dachfläche 111, 112 ist ein Permanentmagnet 15 gleicher Polarität angeordnet. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 beträgt bei insgesamt vier Statorpolen 11 der Firstwinkel $\alpha = 90^\circ$. In den verbleibenden Zwischenräumen zwischen aufeinanderfolgenden Statorpolen 11, die von den einander zugekehrten parallelen Permanentmagneten 15 unterschiedlicher Polarität begrenzt werden, ragt der Oszillator 12 unter Belassung entsprechender Luftspalte 17 zu den Permanentmagneten 15 hinein. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 weist hierzu der Oszillator 12 vier kreuzweise angeordnete Arme 121 auf, die mit voneinander abgekehrten parallelen Seitenflächen 121a und 121b den Luftspalt 17 zu den auf den Statorpolen 11 angeordneten Permanentmagneten 15 begrenzen.

[0017] Durch die beschriebene Ausbildung der permanentmagnetbesetzten Statorpole 11 und des Oszillators 12, bildet sich in jedem der vier Magnetkreise ein Magnetfluß 16 aus, der jeweils nur zwei parallel zueinander ausgerichtete Luftspalte 17 durchsetzt. Die vorhandenen vier parallelen Luftspaltpaare werden dabei jeweils von dem Magnetfluß 16 nur eines einzigen Magnetkreises durchsetzt, wie dies anhand der eingezeichneten, über Stator 10 und Oszillator 12 sich schließenden Flußlinien 16 der Magnetflüsse in Fig. 2 ersichtlich ist. Verschiebt sich nun der Oszillator 12 in Fig. 2 nach oben oder seitwärts, so verändert sich die Breite der Luftspalte 17 in den einander diametral gegenüberliegenden Magnetkreisen. In jedem Magnetkreis wird der von

dem Magnetfluß 16 durchsetzte eine Luftspalt 17 kleiner und der andere Luftspalt 17 entsprechend größer. Die Summe der Luftspaltbreiten bleibt aber konstant, so daß die magnetische Flußdichte sich nicht ändert und somit keine Seitenkräfte entstehen. Die koaxiale Mittelposition des Oszillators 12 ist stabil.

[0018] Das in Fig. 3 dargestellte Ausführungsbeispiel der Linearmaschine unterscheidet sich von dem gemäß Fig. 2 durch das Vorsehen von sechs – anstatt von vier – Statorpolen 11, wobei der Firstwinkel α zwischen den Dachflächen 111 und 112 der Statorpole 11 60° beträgt. Der Oszillator 12 weist insgesamt sechs Arme 121 auf, die um 60° Umfangswinkel jeweils zueinander versetzt angeordnet sind und in die Zwischenräume zwischen einander zugekehrten Permanentmagneten 15 auf aufeinanderfolgenden Statorpolen 11 unter Belassung zweier Luftspalte 17 hineinragen. Das Wirkungsprinzip bei diesem Aufbau der Linearmaschine ist das gleiche wie zu Fig. 2 beschrieben.

[0019] Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele gemäß Fig. 2 und 3 beschränkt. So müssen die einander zugekehrten Permanentmagnete 15 unterschiedlicher Polarität auf in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Statorpolen 11 nicht unbedingt parallel zueinander verlaufen. Sie können auch gegeneinander geneigt sein, wobei die Seitenflächen 121a und 121b der Arme 121 dann zueinander keilförmig verlaufen und dabei konvergieren oder divergieren können, so daß sich wieder zwei parallele Luftspalte 17 zwischen einem Arm 121 des Oszillators 12 und den beiden einander zugekehrten Permanentmagneten 15 auf aufeinanderfolgenden Statorpolen 11 ergeben.

Patentansprüche

1. Elektrische Linearmaschine mit einem Stator (10), der eine Mehrzahl von um gleiche Umfangswinkel zueinander versetzt angeordnete, radial ausgerichtete Statorpole (11) aufweist, auf die einerseits Spulen (14) einer Statorwicklung aufgewickelt und auf deren freien Stirnseiten andererseits Permanentmagnete (15) mit an in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Statorpolen (11) wechselnder Polarität angeordnet sind, und mit einem vom Stator (10) umschlossenen, koaxialen Oszillator (12) aus magnetisch leitfähigem Material, der längs der Statorachse relativ zum Stator (10) verschiebbar ist und zwischen sich und den Permanentmagneten (15) vom Magnetfluß (16) der Permanentmagnete (15) durchsetzte Luftspalte (17) ausbildet, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Form von Oszillator (12) und permanentmagnetbesetzten Statorpolen (11) so aufeinander abgestimmt ist, daß in jedem der von den Permanentmagneten (15) gebildeten Magnetkreise zwei Luftspalte (17) vorhanden sind, die vom Magnetfluß (16) nur eines einzigen Magnetkreises durchsetzt sind.
2. Linearmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils zwei einander zugekehrte Permanentmagnete (15) unterschiedlicher Polarität, die auf in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Statorpolen (11) sitzen und vorzugsweise parallel zueinander ausgerichtet sind, zwischen sich einen Teil des Oszillators (12) unter Bildung der beiden Luftspalte (17) einschließen.
3. Linearmaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Stirnseiten der Statorpole (11) dachartig mit zwei einen Firstwinkel (α) einschließenden, spiegelsymmetrischen Dachflächen (111, 112) ausgebildet sind, daß auf jeder Dachfläche (111, 112) ein Permanentmagnet (15) gleicher Polarität angeordnet ist und daß der Oszillator (12) zwischen jeweils zwei auf

aufeinanderfolgenden Statorpolen (11) angeordneten, permanentmagnetbesetzten Dachflächen (111, 112) hineinragt.

4. Linearmaschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Stator (10) m Statorpole (11) aufweist, der Firstwinkel (α) $360^\circ/m$ beträgt und der Oszillator (12) m um $360^\circ/m$ zueinander am Umfang versetzte, sich radial zwischen den Statorpolen (11) erstreckende Arme (121) aufweist, die mit voneinander abgekehrten Seitenflächen (121a, 121b) jeweils einen Luftspalt (17) zu den auf den Statorpolen (11) angeordneten Permanentmagneten (15) begrenzen, wobei m eine ganze Zahl größer 1 ist.

5. Linearmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Stator (10) vier Statorpole (11) aufweist, der Firstwinkel 90° beträgt und der Oszillator (12) vier kreuzweise angeordnete Arme (121) hat.

6. Linearmaschine nach einem der Ansprüche 1–5, dadurch gekennzeichnet, daß der Stator (10) mit Statorpolen (11) lamelliert, vorzugsweise aus gestanzten Blechprofilen zusammengesetzt, ist.

7. Linearmaschine nach einem der Ansprüche 1–6, dadurch gekennzeichnet, daß der Oszillator (12) mindestens ein auf einer Schubstange (13) sitzendes Eisenblechpaket aufweist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

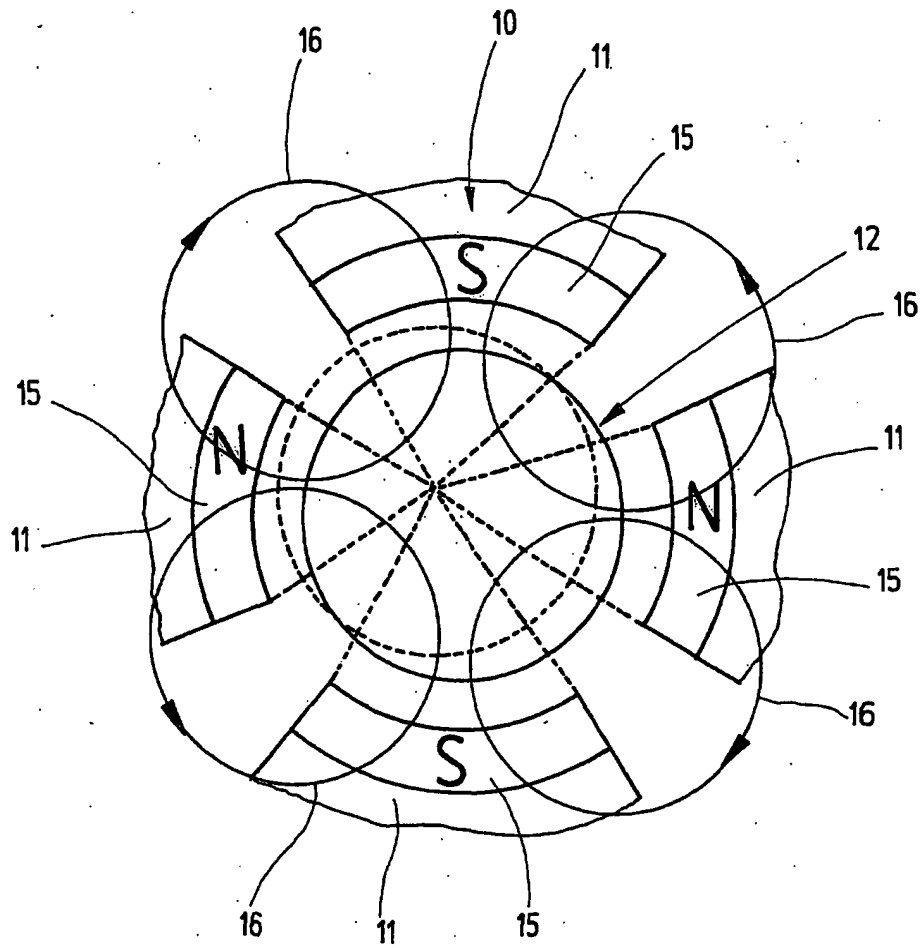


Fig.1

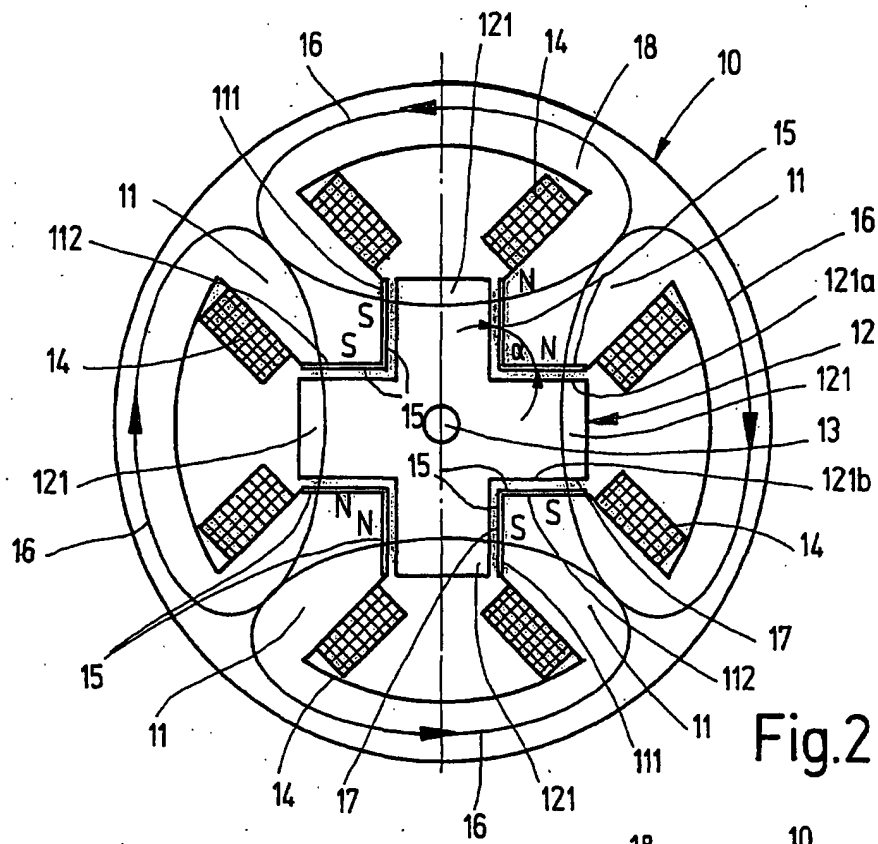


Fig. 2

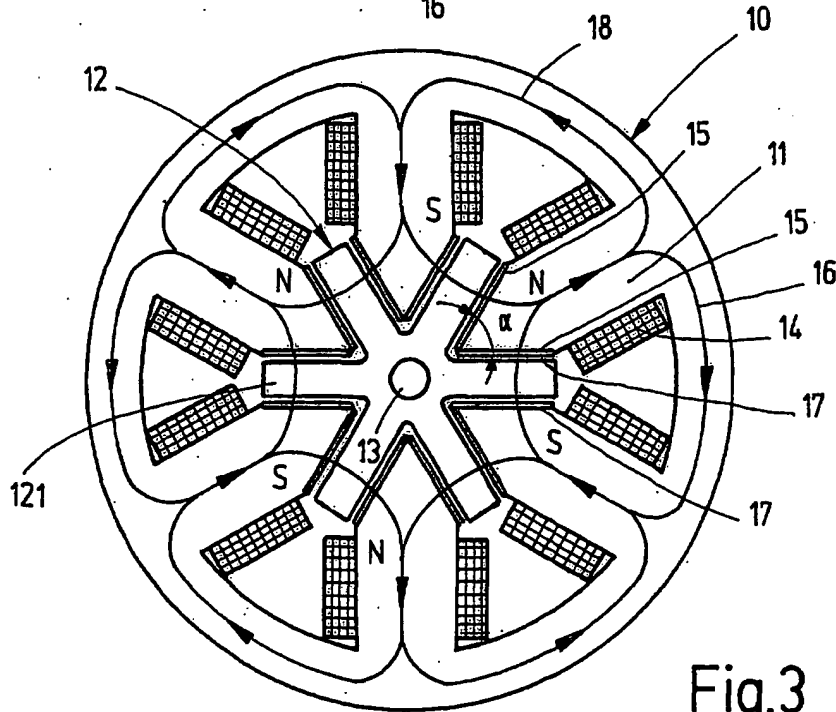


Fig. 3